

К НИР-2019

Источник 3.

<https://nplus1.ru/news/2019/11/30/robotic-scientist>

Тимур Кешелава

Роботизированный бассейн провел 100 тысяч опытов за год

N+1

Текст статьи привожу с небольшими сокращениями, выделения мои:

*Физики создали гибридную систему для систематического проведения экспериментов в области гидродинамики, которая состоит из роботизированного испытательного бассейна и управляющего алгоритма. Робот проводит опыты, а программа самостоятельно обрабатывает данные и выбирает оптимальные условия для следующего эксперимента, что позволяет опробовать большое пространство параметров и достичь совпадения результатов вычислений с реальностью, [пишут](#) авторы в журнале *Science Robotics*.*

Во многих научных задачах приходится иметь дело с процессами, на ход которых одновременно влияет множество факторов.

В такой ситуации обычно стараются найти режим, в котором действием некоторых явлений можно пренебречь, что упрощает задачу как с теоретической точки зрения, так и в плане анализа экспериментальных данных. Такой подход требует выдвижения ряда промежуточных гипотез и проверки их на соответствие с наблюдениями.

Альтернативной является исследование всего пространства параметров, которое может обладать высокой размерностью. Для этого могут потребоваться многие тысячи однотипных экспериментов, процесс проведения которых потенциально можно автоматизировать.

К научным областям с подобными проблемами можно отнести гидродинамику. Несмотря на существование достаточно общих математических закономерностей, таких как [уравнения Навье — Стокса](#), сложность их решения не позволяет теоретически решить большинство возникающих задач. В связи с этим приходится проводить множество моделирований и экспериментов, чтобы добиться оптимального результата.

Ученые из Массачусетского технологического института при участии Дися Фаня (Dixia Fan) создали гибридную роботизированную систему для изучения [вызываемых вихреобразованием колебаний](#). Это явление мешает разрабатывать судна с

минимальным сопротивлением при движении по воде. Роботизированный «ученый» провел около 100 тысяч опытов за год.

Авторы называют систему интеллектуальным испытательным бассейном (intelligent towing tank, ИТТ). Они исследовали задачу возникновения колебаний тела необтекаемой формы, помещенного в поток жидкости. В таком случае при превышении критического значения числа Рейнольдса (обычно порядка 50) за телом из-за неустойчивостей образуются несимметричные вихри в жидкости, оказывающие давление на тело и проводящие к раскачиванию.

Перебор всех возможных вариантов нереалистичен даже для роботизированной системы, поэтому авторы работы создали программу активного обучения. Она не вводила последовательно все возможные значения параметров, а минимизировала функции неопределенностей конкретных величин, например, коэффициента подъемной силы. Затем обучалась предсказывать значения этих величин посредством регрессии на основе гауссовских процессов. Задача системы заключается в достижении состояния, при котором предсказания обученной модели будут совпадать с измерениями.

Авторы отмечают, что выбранные детали реализации могут быть изменены. В частности, можно использовать другой алгоритм обучения, например, основанные на глубоком обучении нейросетей. Также в данном случае использовался простой способ поиска параметров следующего эксперимента, в то время как более глубокое понимание физики процесса позволяет сформулировать более эффективную алгоритм действий.

Ученые называют достижение демонстрацией возможной смены парадигмы проведения экспериментальных исследований. Потенциально, в будущем компьютеры (продвинутые системы искусственного интеллекта), роботы (лабораторная автоматизация) и люди будут сотрудничать в реальном времени для ускоренного получения знаний. Подобные попытки создания «роботов-ученых» предпринимаются в нескольких исследовательских центрах. В частности, тестируются системы автоматического поиска новых способов синтеза химических веществ, проверки эффективности лекарств и выдвижения научных гипотез.

Идеи возникшие при чтении приведенного текста:

Математический аппарат и методы исследований разрабатываемые физиками для своих конкретных, узких целей, часто оказываются применимы для исследования процессов происходящих в областях далеких от физики. Есть (согласен отдаленное) сходство, в смысле множества параметров и сложности их перебора, между описанной в приведенной статье проблемой и той, которую собираемся исследовать мы.

Источник 4.

<https://robotics.sciencemag.org/content/4/36/eaay5063>

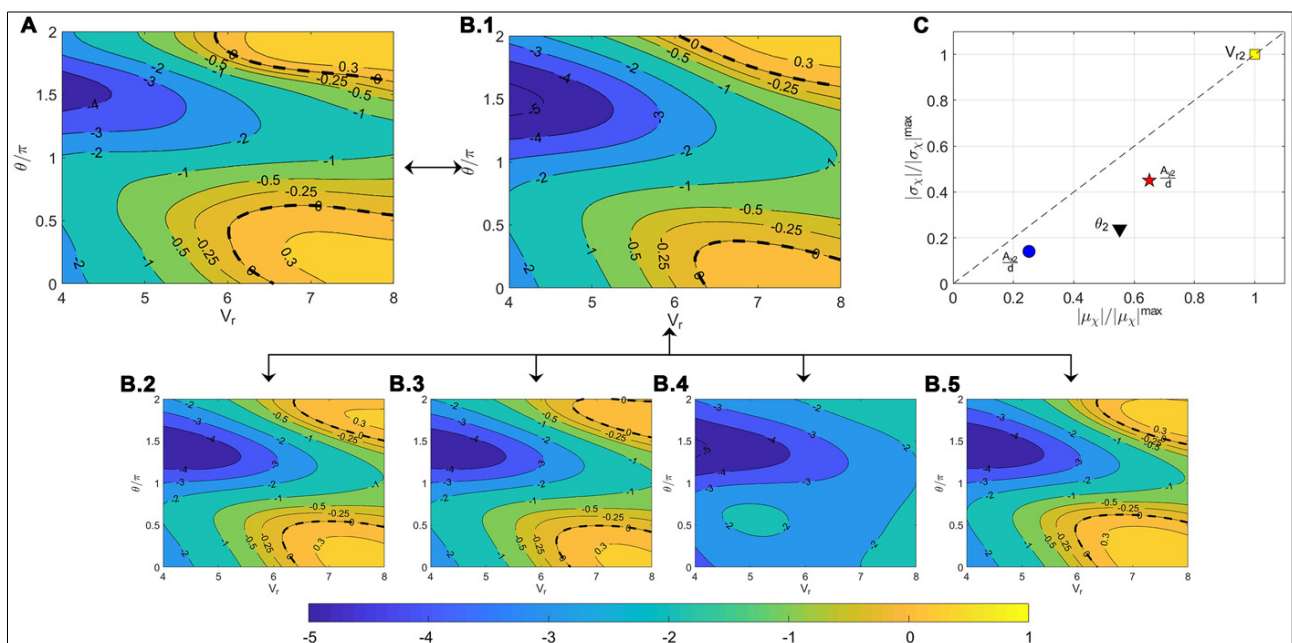
D. Fan, G. Jodin, etc.

A robotic Intelligent Towing Tank for learning complex fluid-structure dynamics

Статья послужила основой для Источника 3.
Полный текст в формате PDF прилагается.

Исследование большого параметрического пространства (в этом примере: восемь параметров).

Exploration of large parametric space (in this example: eight parameters).



Comparison of Clv for a rigid cylinder undergoing combined in-line and cross-flow forced vibrations in uniform flow at $Re = 5715$ obtained in single-frequency (involving four parameters, total of 755 experiments) and two-frequency (involving eight parameters, total of 3944 experiments) experiments. (A) Contours of Clv versus V_r and θ/π for experiments of single frequency at fixed $A_x/d = 0.15$ and $A_y/d = 0.75$. (B.1) Contours of Clv versus V_r and θ/π for experiments of double frequency at $A_x/d = 0.15$ and $A_y/d = 0.75$, same as in (A), and fixed second frequency component of $A_{y2}/d = 0.34$, $A_{x2}/d = 0.14$, $V_{r2} = 11.75$, and $\theta_2/\pi = 1.5$. (B.2 to B.5) Contours of Clv versus V_r and θ/π with only one fixed input changed; compare with (B.1): (B.2), $A_{y2}/d = 0.93$; (B.2), $A_{x2}/d = 0.25$; (B.3), $V_{r2} = 5.25$; (B.4), $\theta_2/\pi = 0.5$. (C) Results of the sensitivity analysis on χ . The sensitivity measures ($|\mu_\chi|$, $|\sigma_\chi|$) for each parameter have been normalized by the value of the highest sensitivity measure ($|\mu_\chi|_{\max}$, $|\sigma_\chi|_{\max}$) of the most sensitive parameter V_{r2} .

Оценка полезности:

Нужно попытаться использовать идеи этого опыта при построения нашей модели.